

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

Máster Universitario en Zoología



**Estudio sobre el efecto de la influencia  
antrópica en las poblaciones de aves de tres  
parques de Madrid**

---



TRABAJO FÍN DE MÁSTER PRESENTADO POR

**HÉCTOR ROYO RUBIO**

Convocatoria noviembre de 2014

**El/La autor/a:**  
Héctor Royo Rubio

**El/La director/a:**  
José I. Aguirre

**Fdo.:** \_\_\_\_\_

**Fdo.:** \_\_\_\_\_  
Departamento de Zoología y  
Antropología Física de la UCM



## RESUMEN

Las zonas urbanas constituyen un hábitat esencial para muchas especies de aves. Por ello, conocer el efecto que produce la influencia antrópica sobre sus poblaciones resulta de especial interés para su gestión y conservación. Para ello, en este estudio realizado sobre tres parques de Madrid se ha analizado tanto la riqueza y diversidad de la comunidad de aves como la condición física y el tamaño de los individuos. Los resultados indican que no hay diferencias significativas para la riqueza y diversidad entre los parques. El análisis de la condición física y el tamaño de los individuos revela que sí existe un efecto producido por la influencia antrópica que afecta de manera diferente a las distintas especies de aves estudiadas. Este resultado remarca la necesidad de nuevos trabajos que amplíen el rango de especies estudiadas para poder entender con precisión el efecto de la influencia antrópica sobre sus poblaciones.

**Palabras clave:** influencia antrópica, índice de condición física, hipótesis tarjeta de crédito, anillamiento científico, paseriforme, parque, Madrid.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas forman entornos que han sido utilizados por numerosas especies animales y vegetales desde que comenzó el proceso de urbanización, y constituyen hábitats esenciales para muchas de ellas. Este hecho cobra especial importancia si tenemos en cuenta que hoy en día el 54% de la población mundial vive en áreas urbanas y se espera que en 2050 este valor alcance el 66%, por lo que el área total de estas zonas va a crecer en los próximos años (United Nations, 2014). Resulta pues de especial importancia para nosotros conocer y entender cómo la influencia antrópica afecta a las poblaciones animales que conviven en nuestras ciudades para poder preservar toda la diversidad biológica que estas contienen.

Las aves representan, por su abundancia y facilidad de estudio, uno de los grupos más interesantes para realizar estudios sobre este tema y sobre el cual se han realizado ya un gran número de trabajos, los cuales presentan resultados en ocasiones contradictorios y resaltan la necesidad nuevos estudios que aporten un mayor conocimiento sobre cómo afecta la antropización al amplio rango de especies que habitan en las ciudades (Shochat, 2006; Evans *et al.*, 2009). Una de las principales hipótesis sobre el efecto de la influencia antrópica sobre las especies de aves urbanas es la expuesta por Shochat (2004), también llamada hipótesis de la tarjeta de crédito. Según esta hipótesis, la alta predictibilidad del alimento y la diferente presión de depredación experimentada en las ciudades no sólo produce una disminución de la



diversidad de especies en favor de la abundancia de unas pocas especies generalistas (Shochat, 2006), sino que también tiene un efecto sobre la condición física de los individuos. Este efecto viene determinado por un cambio en la toma de decisiones de los individuos, que al tener un aporte de alimento constante solo necesitan conseguir la energía necesaria para sobrevivir día a día, ya que al día siguiente el alimento está asegurado. Esto se traduce en que si realizamos un muestreo de la población en un momento determinado encontraremos una condición física más baja que la que observaríamos en poblaciones de entornos naturales. Además, este cambio en la toma de decisiones también afectará al tamaño de las puestas de las aves urbanas, que apostarán por puestas más grandes en detrimento de la condición física de las crías. Se espera que este último hecho, sumado a una peor calidad del alimento de las crías (Rotenberry & Unfried, 2002), produzca una disminución en el tamaño de los individuos de poblaciones urbanas medible mediante la longitud del tarso y el peso de los mismos.

Con el objetivo de testar estas hipótesis, este trabajo recoge los datos de anillamientos científicos realizados durante el periodo de 2011-2013 en tres estaciones de esfuerzo constante (CES) situadas en tres parques de Madrid.

El anillamiento científico es una de las herramientas más utilizadas en el estudio de las aves en todo el mundo. Diversos métodos se han ideado y utilizado para marcar a los individuos de manera que puedan ser reconocidos individualmente, pero ninguno ha tenido tanto éxito como la utilización de anillas metálicas con remite que, sin lugar a dudas, es el método de estudio que ha realizado una mayor aportación al conocimiento de las migraciones y, de paso, de otros aspectos de la biología de las aves (Pinilla, 2000).

Este trabajo se centra por su metodología en el estudio de los passeriformes, que forman el más grande y diverso clado de aves con alrededor de 5300 especies (Edwards, *et al.*, 2013). Esto sumado a su abundancia en las zonas humanizadas y a su relativa facilidad de captura y manejo hacen de este grupo uno de los más interesantes para realizar estudios sobre tendencias poblacionales y biología de las aves en un entorno urbano. Para ello aparte de parámetros ecológicos como la diversidad o la riqueza de especies, en este estudio se analizarán tanto el tamaño como la condición física de los individuos, ya que de ellos dependen en gran medida aspectos como la supervivencia o el éxito reproductor de los individuos (Brown, 1996).



## **OBJETIVOS**

La hipótesis central de este estudio es que el entorno urbano tiene una influencia directa sobre las comunidades de aves. Esta influencia produce cambios tanto en la estructura y composición de las poblaciones como en los rasgos morfológicos de cada especie.

Para realizar una descripción básica de la estructura de las poblaciones de aves y poder comparar como afecta el nivel de influencia antrópica de cada parque a dicha estructura se ha estudiado la composición de la comunidad de paseriformes de cada parque mediante el cálculo de la riqueza y la diversidad de las especies presentes. Con el objetivo de evaluar cómo afecta la influencia antrópica sobre la condición física y si este efecto se presenta de manera general en las diferentes especies incluidas en este trabajo, se ha analizado la condición física de las principales especies de cada parque. Para comprobar si existe un efecto de la influencia antrópica sobre el tamaño de las aves, se ha calculado la longitud del tarso y el peso de los individuos de las principales especies de paseriformes presentes en los parques.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA INFLUENCIA ANTRÓPICA EN LOS PARQUES**

En este trabajo se analizan datos procedentes de anillamientos científicos realizados en tres parques diferentes (Figura 1) situados dentro del término municipal de Madrid: el Parque del Oeste (PW), el Real Jardín Botánico Alfonso XIII (JB) y la Casa de Campo (CSC). Se han escogido estas zonas debido a que en ellas se trabaja con estaciones de anillamiento de esfuerzo constante, lo cual permite analizar una serie temporal amplia, una metodología estandarizada y contar con gran cantidad de datos. Además, las diferencias que presentan estos parques permiten comparar la variación de los parámetros estudiados en entornos con distinto grado de influencia antrópica.

La caracterización de la influencia urbana que presenta cada zona se ha realizado a partir de tres parámetros: el área del parque, la distancia al centro de la ciudad, la distancia mínima al margen del parque desde la estación de anillamiento y la distancia máxima al margen del parque desde la estación de anillamiento.

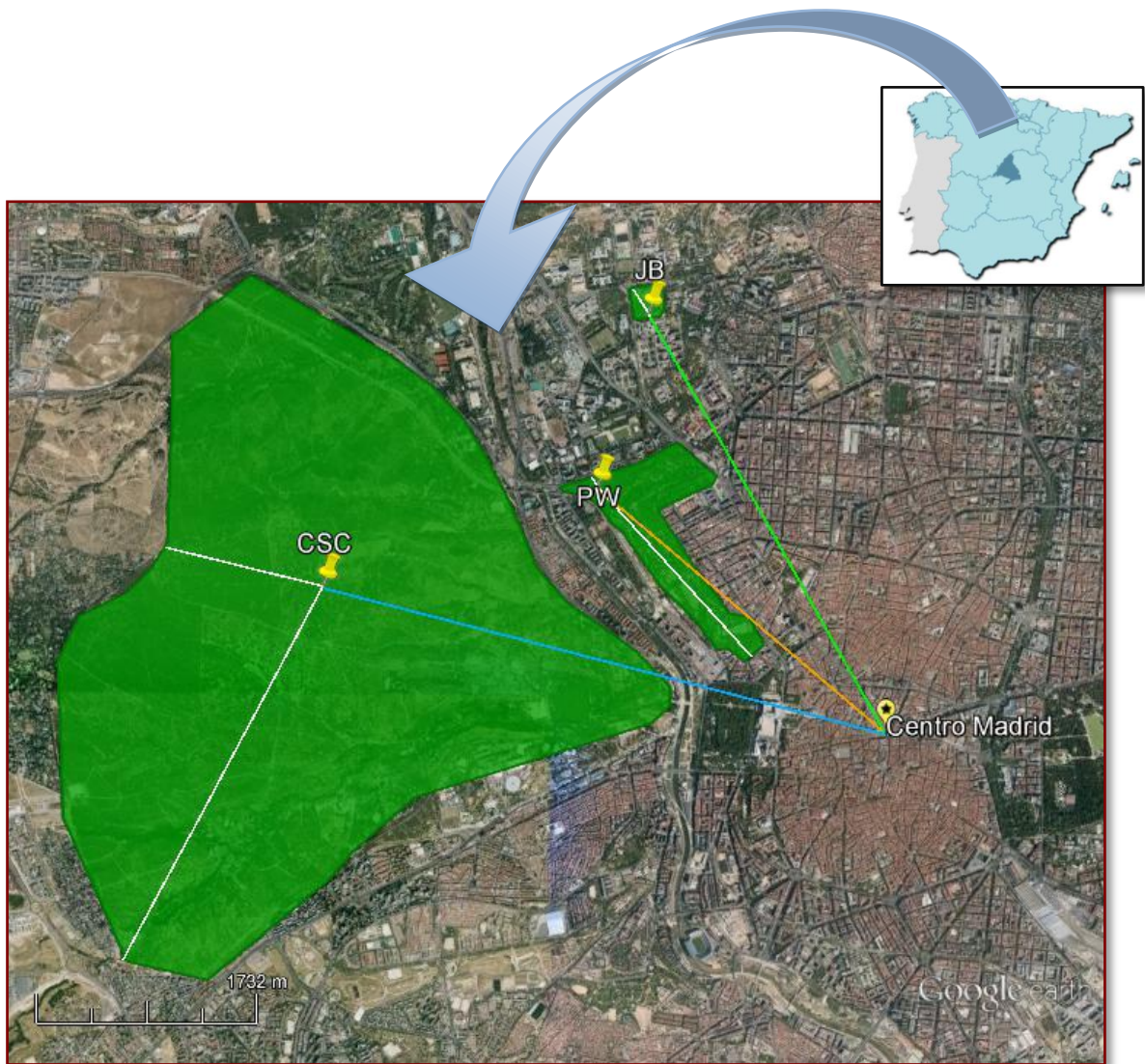


Figura 1. Área de estudio. Marcada en verde el área de cada uno de los parques en los cuales se han realizado los anillamientos. Las líneas coloreadas indican la distancia de la estación de anillamiento al centro de la ciudad. Las líneas blancas indican la distancia máxima y mínima al margen del parque. Imagen de satélite extraída de Goolge Earth (© 2014 Google).

## ANILLAMIENTO

Los anillamientos se realizaron siguiendo las instrucciones y metodologías definidas tanto por la Sociedad de Ornitología Española (SEO) como por la Unión Europea para el Anillamiento de Aves (EURING).

Las jornadas de anillamiento se realizaron siempre desde el alba y con una duración total de cinco horas. Como método de captura se han utilizado redes japonesas con una luz de malla de 16mm. Se instalaron un total de 24 m. de red en las estaciones de PW y CSC y un total de 42 m. en la de JB.



Tras la captura cada individuo fue marcado mediante una anilla oficial de remite ICONA y se les asignó un sexo cuando fue posible mediante características del plumaje. También las aves fueron asignadas a dos categorías de edad (jóvenes, individuos nacidos en el presente año calendario y adultos nacidos antes del presente año calendario).

Las aves fueron pesadas mediante una balanza digital con una precisión de 0,1g y la longitud del tarso fue determinada según Svensson mediante mediciones del tarso derecho tomadas con un calibre Vernier digital ( $\pm 0,01$  mm). Para determinar la cantidad de grasa se ha utilizado la escala propuesta por Svensson que asigna un 0 al valor mínimo y un 8 al máximo.

### **PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LAS COMUNIDADES DE PASERIFORMES DE CADA PARQUE**

Para este estudio se ha analizado una serie temporal de tres años (de 2011 a 2013) de los cuales solamente se han utilizado aquellos datos de anillamientos comprendidos entre Abril y Julio de la misma manera que se realiza en la campaña PASER (Programa de Anillamiento y Seguimiento de Especies Reproductoras) del Centro de Migración de Aves (SEO/BirdLife), en la que se realizan anillamientos durante la época reproductora con el objetivo de llevar a cabo un seguimiento de las especies reproductoras de España. Utilizar los datos de la época reproductora permite evitar la intromisión de datos pertenecientes a poblaciones invernantes que podrían interferir en los resultados de este estudio.

En total se ha trabajado con 1644 entradas de datos de 44 especies distintas de aves, a partir de los cuales se ha generado una base de datos unificada con la que trabajar en la elaboración de los resultados.

Se ha calculado la riqueza de especies como el número total de especies observadas en cada parque durante los tres años del periodo de estudio.

También se ha determinado la diversidad de paseriformes de cada parque utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

### **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN FÍSICA Y TAMAÑO**

Debido a la escasez de datos de algunas especies poco abundantes este análisis se ha realizado solamente para 9 especies de paseriformes (Tabla 3), que han sido escogidas atendiendo a su abundancia, idoneidad e interés relativo para este trabajo.

El análisis y comparación de la condición física de las aves en cada parque se ha realizado utilizando un índice de condición física (IC) extraído de los residuos de la regresión lineal por



mínimos cuadrados entre el peso (variable dependiente) y la longitud del tarso de cada individuo (Schulter-Hostedde *et al.*, 2005). Este índice permite obtener un valor de condición física a partir de los datos recogidos en los anillamientos sin necesidad de métodos invasivos. El índice ha sido calculado de manera independiente para cada especie.

Con el fin de determinar la calidad y veracidad del IC obtenido se ha comparado la relación entre este índice y el nivel de grasa de las aves (Figura 2). Este análisis se ha realizado comparando de manera conjunta todas las especies. La acumulación de grasa es uno de los parámetros más estudiados para medir la condición física de las aves (Pinilla, 2000) y es un indicador directo de las reservas energéticas del individuo, razón por la cual ha sido escogido para compararlo con el IC.

Para evaluar si existen diferencias en el tamaño de los individuos de las distintas especies se han utilizado los valores de longitud del tarso y peso de las mismas, y se ha analizado su variación respecto a las distintas zonas de estudio.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se ha realizado un análisis de componentes principales (PCA) para obtener un índice que recoja los parámetros relativos a la influencia antrópica utilizados en este trabajo con el fin de clasificar cada una de las zonas de estudio según el grado de influencia antrópica que presentan (Tabla 1).

Las diferencias entre los valores de diversidad de Shannon-Wiener entre las zonas de estudio se han evaluado utilizando un Análisis de la Varianza (ANOVA). Mediante este análisis se ha comparado también el IC con el nivel de grasa de las aves.

El estudio de la variación del IC de cada especie en los tres parques se ha realizado utilizando Modelos Generales Lineales (GLM). Estos modelos permiten integrar también el efecto de otras variables, edad y sexo en este caso, y analizar qué efecto tienen estas sobre la variación del IC en los parques. Esto permite estudiar la variación del IC asegurándonos que esta se debe al efecto de los parques y no a otros factores. No obstante, la integración de estos dos factores adicionales (edad y sexo) en el mismo modelo requiere que haya datos de todas las edades para cada uno de los sexos y para cada parque, datos con los cuales no se cuenta en este trabajo. Debido a esto, el análisis se ha tenido que realizar introduciendo el sexo en un primer modelo y realizando un segundo modelo con la edad.



Del mismo modo se ha utilizado un GLM para comparar los tamaños entre los individuos de cada parque y entre sexos de la misma especie. En este caso, dado que las medidas de tarso vendrán determinadas por las condiciones en las que se hayan desarrollado los pollos, solo se han utilizado los adultos para realizar los análisis tanto del tarso como del peso. De esta manera, a pesar de contar solo con individuos adultos, el análisis reflejará los efectos de la influencia antrópica en el desarrollo de los pollos (en el caso del tarso) y durante todo el ciclo de vida (en el caso del peso).

Para la realización de los análisis estadísticos se ha evaluado la normalidad de las distintas variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnoff. Aquellos datos que no cumplieran la normalidad han sido transformados mediante logaritmo para que cumplieran este supuesto.

La base de datos a partir de la cual se han realizado todos los análisis ha sido creada mediante el programa Microsoft Excel<sup>®</sup>, a través del cual se han calculado también los índices de diversidad de Shannon-Wiener. El resto de análisis llevados a cabo para este trabajo han sido realizados utilizando el software STATISTICA<sup>®</sup>.

## RESULTADOS

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El resultado obtenido de la PCA explica el 87'2% de la varianza y proporciona el índice que ha sido utilizado para otorgar el grado de antropización a cada parque. De esta manera, las zonas de estudio se han clasificado de forma cualitativa en dos grupos: parques más urbanizados (PW y JB) y parque más natural (CSC).

Parque	Área (ha)	Distancia al centro (m)	Distancia mínima al margen del parque	Distancia máxima al margen del parque	PC1
CSC	1722,6	4590	1292	3337	1,15426
JB	5	3800	28	230	0,60487
PW	63,784	3008	95	1815	0,54939

Tabla 1. Caracterización del grado de influencia antrópica de los tres parques. Los valores de PC1 obtenidos a partir del análisis de las componentes principales son estadísticamente significativos ( $p \leq 0,05$ ) y explican el 87,2% de la varianza. Los valores más altos indican un menor grado de influencia antrópica.





Este resultado coincide con un estudio previo realizado en la ciudad de Madrid (Fernández-Juricic, 2000) que llega a considerar a CSC como el pool regional de especies de aves, debido tanto a su tamaño y composición como a la conexión que presenta con Monte El Pardo.

### PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LA COMUNIDAD

La riqueza total observada durante los tres años incluidos en este estudio es de 36 especies para la Casa de Campo, 35 para Jardín Botánico Alfonso XIII y 22 para el Parque del Oeste.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener no ha variado de manera significativa entre los tres parques estudiados:

Parque	2011	2012	2013	Promedio
PW	2,22	2,17	2,33	2,24
JB	2,38	2,56	2,70	2,55
CSC	2,38	2,64	2,30	2,44

Tabla 2. Valores de diversidad de Shannon-Wiener para cada parque durante el periodo de estudio.

### ÍNDICE DE CONDICIÓN FÍSICA (IC)

Lista de especies incluidas en estos análisis:

ESPECIE	CSC		JB		PW	
	JOV	AD	JOV	AD	JOV	AD
<i>Passer montanus</i>	64	35	75	58	16	42
<i>Parus major</i>	20	35	27	16	60	17
<i>Cyanistes caeruleus</i>	50	49	39	14		
<i>Carduelis chloris</i>	13	10	10	24		
<i>Turdus merula</i>	2	12	11	25	2	7
<i>Carduelis carduelis</i>	92	40	20	9		
<i>Serinus serinus</i>	97	32	8	4		
<i>Sylvia atricapilla</i>	8	14	10	12	2	12
<i>Aegithalos caudatus</i>	16	12	13	9		

Tabla 3. Especies de paseriformes utilizadas para el análisis de la condición física y del tamaño. La tabla incluye el número de jóvenes (JOV) y adultos (AD) para cada especie.



El primer modelo estadístico utilizado ha incluido el sexo como factor a parte de la variable de los parques. El resultado del análisis (Tabla 4) muestra que el sexo no tiene un efecto significativo en la variación del índice de condición física. Además, para la mayoría de casos no se han observado diferencias en la distribución de los sexos entre las diferentes localidades.

<b>Especie</b>	<b>Variable</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>SE</b>
<b><i>Passer montanus</i></b>	Sexo	0,15	n.s.	0,11
	Localidad	0,37	n.s.	0,15
	Sexo*Localidad	2,47	n.s.	0,17
<b><i>Parus major</i></b>	Sexo	2,34	n.s.	0,14
	<b>Localidad</b>	<b>13,326</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,17
	Sexo*Localidad	2,76	n.s.	0,17
<b><i>Cyanistes caeruleus</i></b>	Sexo	0,14	n.s.	0,15
	Localidad	0,34	n.s.	0,15
	Sexo*Localidad	0,92	n.s.	0,15
<b><i>Carduelis chloris</i></b>	Sexo	0,71	n.s.	0,35
	Localidad	0,17	n.s.	0,43
	Sexo*Localidad	0,45	n.s.	0,43
<b><i>Turdus merula</i></b>	Sexo	1,40	n.s.	1,04
	Localidad	1,29	n.s.	1,27
	Sexo*Localidad	0,99	n.s.	1,27
<b><i>Carduelis carduelis</i></b>	Sexo	0,05	n.s.	0,17
	Localidad	0,03	n.s.	0,17
	Sexo*Localidad	0,96	n.s.	0,17
<b><i>Serinus serinus</i></b>	Sexo	1,47	n.s.	0,21
	Localidad	0,00	n.s.	0,21
	Sexo*Localidad	0,68	n.s.	0,21
<b><i>Sylvia atricapilla</i></b>	Sexo	0,43	n.s.	0,37
	Localidad	0,01	n.s.	0,55
	Sexo*Localidad	0,31	n.s.	0,55
<b><i>Aegithalos caudatus</i></b>	-	-	-	-

Tabla 4. Resumen de los resultados del GLM realizado para analizar los efectos del sexo y la localidad (cada uno de los parques) sobre el IC de cada especie. Los guiones indican que la especie no presenta suficientes datos como para llevar a cabo el modelo.

Una vez hecho este modelo y descartado el sexo como un factor significativo para las variaciones del IC, se ha realizado otro GLM con la edad y la localidad como factores explicativos de la variabilidad del IC. Los resultados (Tabla 5) muestran que sí hay un efecto claro de la edad sobre el índice de la condición física del ave, de manera que los individuos



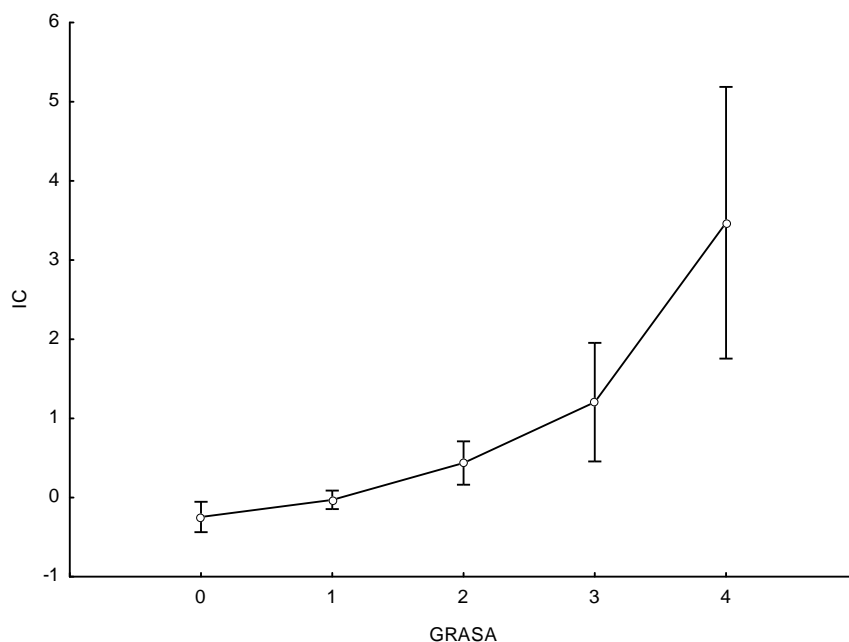
adultos poseen un mayor índice de condición física que los jóvenes para seis de las nueve especies estudiadas. Además, con este análisis se hace patente que para la mayoría de las especies estudiadas (solamente *Parus major* presenta diferencias significativas en el IC entre parques) la localidad no influye en la variación del índice de condición física estudiado.

<b>Especie</b>	<b>Variable</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>SE</b>
<b><i>Passer montanus</i></b>	<b>Edad</b>	104,50	<b>&lt;0,001</b>	0,08
	Localidad	2,99	n.s.	0,11
	Edad*Localidad	1,13	n.s.	0,11
<b><i>Parus major</i></b>	<b>Edad</b>	37,46	<b>&lt;0,001</b>	<0,01
	Localidad	3,29	n.s.	<0,01
	Edad*Localidad	6,05	n.s.	<0,01
<b><i>Cyanistes caeruleus</i></b>	<b>Edad</b>	6,97	<b>0,009</b>	0,07
	Localidad	0,01	n.s.	0,07
	Edad*Localidad	0,37	n.s.	0,07
<b><i>Carduelis chloris</i></b>	Edad	1,99	n.s.	0,21
	Localidad	0,16	n.s.	0,21
	Edad*Localidad	3,22	n.s.	0,21
<b><i>Turdus merula</i></b>	<b>Edad</b>	6,09	<b>0,016</b>	1,12
	Localidad	1,37	n.s.	1,75
	Edad*Localidad	2,16	n.s.	1,75
<b><i>Carduelis carduelis</i></b>	<b>Edad</b>	6,40	<b>0,012</b>	0,11
	Localidad	<0,01	n.s.	0,11
	Edad*Localidad	0,01	n.s.	0,11
<b><i>Serinus serinus</i></b>	Edad	0,92	n.s.	<0,01
	Localidad	<0,01	n.s.	<0,01
	Edad*Localidad	<0,01	n.s.	<0,01
<b><i>Sylvia atricapilla</i></b>	<b>Edad</b>	6,68	<b>0,012</b>	<0,01
	Localidad	0,21	n.s.	0,01
	Edad*Localidad	0,42	n.s.	0,01
<b><i>Aegithalus caudatus</i></b>	Edad	1,99	n.s.	<0,01
	Localidad	0,18	n.s.	<0,01
	Edad*Localidad	0,69	n.s.	<0,01

Tabla 5. Resumen de los resultados del GLM realizado para analizar los efectos de la edad y la localidad (cada uno de los parques) sobre el IC de cada especie.



El resultado de la comparación entre el IC y la grasa corporal de las aves (Figura 2) muestra que el índice calculado representa de manera adecuada la condición física del ave.



*Figura 2. Índice de condición corporal comparado con el índice de grasa de las aves. En el análisis se comparan de manera conjunta los índices de las nueve especies incluidas en esta parte del estudio. El resultado muestra una relación significativa ( $p < 0,001$ ) con un valor de  $F = 4,13$ .*

### **ANÁLISIS DEL TAMAÑO**

El resultado del GLM realizado para la longitud del tarso (Tabla 6) muestra que existen diferencias entre localidades para tres especies de passeriformes de las nueve incluidas en el análisis.

Por lo que respecta al sexo, el resultado del GLM (Tabla 7) indica que existen diferencias entre localidades para dos especies.



<b>Especie</b>	<b>Variable</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>SE</b>
<b><i>Passer montanus</i></b>	Sexo	3,48	n.s.	0,08
	Localidad	1,84	n.s.	0,10
	Sexo*Localidad	1,90	n.s.	0,11
<b><i>Parus major</i></b>	<b>Sexo</b>	18,13	<b>&lt;0,001</b>	0,08
	<b>Localidad</b>	3,63	<b>0,03</b>	0,14
	<b>Sexo*Localidad</b>	3,24	<b>0,04</b>	0,14
<b><i>Cyanistes caeruleus</i></b>	Sexo	3,59	n.s.	0,09
	<b>Localidad</b>	8,30	<b>0,005</b>	0,09
	Sexo*Localidad	0,67	n.s.	0,09
<b><i>Carduelis chloris</i></b>	Sexo	1,94	n.s.	0,13
	<b>Localidad</b>	5,99	<b>0,005</b>	0,18
	Sexo*Localidad	0,39	n.s.	0,18
<b><i>Turdus merula</i></b>	Sexo	0,20	n.s.	0,30
	Localidad	1,20	n.s.	0,48
	Sexo*Localidad	0,96	n.s.	0,36
<b><i>Carduelis carduelis</i></b>	Sexo	1,97	n.s.	0,11
	Localidad	0,00	n.s.	0,11
	Sexo*Localidad	0,42	n.s.	0,11
<b><i>Serinus serinus</i></b>	Sexo	0,53	n.s.	0,17
	Localidad	0,65	n.s.	0,17
	Sexo*Localidad	0,55	n.s.	0,17
<b><i>Sylvia atricapilla</i></b>	<b>Sexo</b>	5,34	<b>0,03</b>	0,14
	<b>Localidad</b>	4,56	<b>0,01</b>	0,18
	Sexo*Localidad	1,79	n.s.	0,18
<b><i>Aegithalos caudatus</i></b>	-	-	-	-

Tabla 6. Resumen de los resultados del GLM realizado para analizar los efectos del sexo y la localidad (cada uno de los parques) sobre la longitud del tarso de cada especie. Los guiones indican que no hay suficientes datos para realizar el modelo.



Especie	Variable	F	p-valor	SE
<i>Passer montanus</i>	Sexo	2,23	n.s.	0,13
	<b>Localidad</b>	4,02	<b>0,02</b>	0,17
	Sexo*Localidad	0,01	n.s.	0,17
<i>Parus major</i>	Sexo	0,65	n.s.	0,18
	<b>Localidad</b>	15,39	<b>&lt;0,001</b>	0,21
	<b>Sexo*Localidad</b>	3,81	<b>0,03</b>	0,21
<i>Cyanistes caeruleus</i>	Sexo	0,09	n.s.	0,15
	Localidad	0,47	n.s.	0,15
	Sexo*Localidad	0,86	n.s.	0,15
<i>Carduelis chloris</i>	Sexo	2,98	n.s.	0,26
	Localidad	0,05	n.s.	0,36
	Sexo*Localidad	0,69	n.s.	0,31
<i>Turdus merula</i>	Sexo	1,39	n.s.	1,11
	Localidad	1,4	n.s.	1,78
	Sexo*Localidad	0,66	n.s.	1,35
<i>Carduelis carduelis</i>	Sexo	0,00	n.s.	0,17
	Localidad	0,03	n.s.	0,17
	Sexo*Localidad	0,74	n.s.	0,17
<i>Serinus serinus</i>	Sexo	2,03	n.s.	0,21
	Localidad	0,10	n.s.	0,21
	Sexo*Localidad	0,52	n.s.	0,21
<i>Sylvia atricapilla</i>	Sexo	2,02	n.s.	0,38
	Localidad	0,54	n.s.	0,58
	Sexo*Localidad	1,24	n.s.	0,52
<i>Aegithalos caudatus</i>	-	-	-	-

Tabla 7. Resumen de los resultados del GLM realizado para analizar los efectos del sexo y la localidad (cada uno de los parques) sobre el peso de cada especie. Los guiones indican que no hay suficientes datos para realizar el modelo.

## DISCUSIÓN

### PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LA COMUNIDAD

Según los resultados obtenidos y en contra de la hipótesis inicial de que la influencia antrópica modula las comunidades de aves de entornos urbanos (Shochat 2004, Shochat 2006) y que debería afectar por consiguiente tanto a la riqueza como a la diversidad de especies, no se han encontrado diferencias significativas entre el promedio de los valores de diversidad de



Shannon-Wiener calculados para los tres parques durante los tres años de estudio. Por su parte, la riqueza total de especies tampoco ha mostrado relacionarse con el grado de influencia antrópica de las zonas estudiadas, ya que la diferencia entre el parque más con mayor influencia (JB) y menor (CSC) es solamente de una especie más en la Casa de Campo.

Estos resultados pueden ser debidos a que en los ambientes con una elevada influencia antrópica suele haber una predominancia de especies generalistas que se ven favorecidas por la estabilidad tanto de recursos tróficos como de las condiciones climáticas (efecto tampón que generan las grandes ciudades en cuanto a la variación anual de temperatura) que proporcionan un entorno idóneo para estas especies.

Dos hechos principales que podrían haber afectado a este resultado. El primero, que los parques no presenten la variabilidad necesaria como para que se traduzcan en cambios en la estructura y composición de las poblaciones de aves. Esto se podría achacar en parte a la escasa diferencia en la edad de los parques, factor que explicaba el 46% de la variación en la riqueza de especies de los parques de Madrid según Fernández-Juricic (2000). Según esto, las similitudes en cuanto a riqueza de especies de las zonas estudiadas se explicaría por la edad de las mismas, ya que la zona más reciente (Ciudad Universitaria) cuenta con más de 80 años de antigüedad. El segundo hecho que podría explicar este resultado es el método utilizado para la obtención de los datos, ya que uno de los principales factores que relacionan el tamaño del parque con la diversidad y riqueza de especies del mismo es la mayor disponibilidad de hábitats o nichos diferentes (MacArthur, 1965; Andrén, 1994). Así, al utilizar solamente una zona de muestreo (especialmente en CSC) es probable que no se hayan podido obtener datos que muestren realmente toda la riqueza de especies del parque y que el muestreo esté sesgado a las especies presentes en el entorno o hábitat en el que se encuentra la estación de esfuerzo constante. En futuros estudios deberán ampliarse las localidades de muestreo identificando en la medida de lo posible parques de distinta antigüedad, en distintas áreas de la ciudad y entornos rurales adyacentes y realizando una localización de las estaciones que permita englobar el mayor número de hábitats posibles.

### **INDICE DE CONDICIÓN FÍSICA**

El índice de condición física calculado para este estudio no ha mostrado variaciones significativas entre los diferentes parques para ocho de las nueve especies analizadas. Por lo tanto, este estudio indica que parece no existir un patrón general que se pueda aplicar a la mayoría de especies de paseriformes de Madrid sobre el efecto de la influencia antrópica en la condición física de estas aves. Este resultado contrasta con algunos estudios realizados con



poblaciones de gorriones (Liker *et al.*, 2008) y con la teoría de la tarjeta de crédito de Shochat (2004) según la cual la elevada predictibilidad del alimento en las zonas con mayor influencia antrópica origina un cambio en la conducta de alimentación que terminará provocando un menor índice corporal en las poblaciones de zonas urbanas. Sin embargo, el resultado de este estudio coincide con lo obtenido por otros estudios sobre poblaciones de gorriones comunes para los cuales no se encuentra una diferencia en la condición física entre individuos de zonas urbanas y rurales (Bókony *et al.*, 2012). Así, el grado de urbanización parece no producir un efecto claro sobre la condición física de las aves, por lo que más estudios serán necesarios para analizar el efecto de la influencia antrópica sobre las poblaciones de aves de entornos urbanos, con especial hincapié en la necesidad de ampliar el rango de las especies estudiadas.

Por otra parte, el índice de condición física sí que resulta estar relacionado positivamente con la edad en seis de las nueve especies estudiadas, por lo que parece ser un patrón bastante común en las especies estudiadas. Este hecho se explica debido a que los individuos jóvenes acaban de abandonar el nido y todavía no han tenido tiempo de aumentar sus reservas ni poseen la habilidad de los adultos para encontrar alimento. Además, dado que las aves alcanzan su complejión ósea adulta una vez son capaces de volar, la relación entre el tamaño y el peso aumenta con la edad adulta mejorando así su condición física.

Finalmente, las diferencias del índice de condición física observadas entre localidades para el carbonero común (*Parus major*) pueden ser explicadas debido al estrecho grado de dispersión y la fidelidad al área de cría que presenta esta especie (Harvey 1979). Además, los datos de estudios realizados en España también destacan la elevada fidelidad al área de cría y baja dispersión natal de las poblaciones estudiadas, juntamente con un escaso intercambio genético entre poblaciones de parques en estudios realizados en Barcelona (Atiénzar *et al.*, 2012).

### **ANÁLISIS DEL TAMAÑO**

Los análisis realizados para el peso revelan que solamente dos especies se ven afectadas por la localidad. Para *Passer montanus* y *Parus major* el efecto de la influencia antrópica provoca aparentemente una disminución en el peso de los individuos. Para estas especies el estudio muestra que las condiciones que engloban a los entornos más urbanizados tienen como consecuencia una disminución en el peso. Esto estaría relacionado con que se trate de dos de las especies mejor adaptadas a la influencia antrópica, lo cual se demuestra con la elevada abundancia de estas especies en zonas urbanas. De esta manera las dos especies cumplirían con las predicciones descritas en la hipótesis de tarjeta de crédito anteriormente mencionada





según la cual este parámetro se vería influenciado por la disponibilidad y predictibilidad del alimento, que permitiría a estas especies mantener un peso menor ya que no necesitan guardar reservas puesto que el alimento está constantemente disponible.

En lo que respecta al tarso, se han encontrado diferencias significativas entre localidades para cuatro de las nueve especies estudiadas (*Parus major*, *Cyanistes caeruleus*, *Carduelis chloris* y *Sylvia atricapilla*). Estas diferencias se traducen en individuos con un tarso más corto en las poblaciones de los entornos con mayor influencia antrópica (PW y JB). Este resultado puede revelar que las condiciones durante la época de desarrollo de los pollos son peores en hábitats más urbanizados, ya que es durante ese periodo cuando se desarrolla toda la constitución ósea de los individuos. Se cumple así (para estas tres especies) la hipótesis planteada por Shochat (2004 y 2006) y los resultados obtenidos por Bókony (2012) según los cuales los hábitats urbanizados probablemente constituyen un entorno estresante para las aves en los primeros estadios de su desarrollo más que en su época adulta. Este estrés puede ser achacado a dos factores principales. El primero relacionado con la calidad del alimento, ya que algunos estudios sugieren que pese a proporcionar una cantidad mayor y más predecible de alimento, los entornos urbanos no permiten la aportación de alimento de suficiente calidad para el desarrollo de los polluelos, aunque este sí resulte apropiado para los adultos (Rotenberry & Unfried, 2002). El segundo factor que puede estar afectando al desarrollo de los polluelos es la contaminación presente en las ciudades debido al proceso de urbanización y industrialización (Albayrak, 2011), contaminación de la cual se han podido comprobar sus efectos en poblaciones de gorrión común de entornos urbanos de Madrid (Herrera *et al.*, 2013).

## CONCLUSIONES

Los efectos provocados por la influencia antrópica presente en los entornos urbanos no parecen ser fácilmente extrapolados o generalizados para las distintas especies de paseriformes presentes en los parques de Madrid. A pesar de esto, algunas especies sí presentan variaciones con respecto a la localidad que parecen respaldar las principales hipótesis postuladas sobre los efectos de la urbanización en las aves. Finalmente, nuevos estudios deberán aplicarse a un rango mayor de especies presentes en ambientes urbanos incluyendo además parámetros tanto morfológicos como fisiológicos para revelar cómo afecta realmente los entornos urbanos a las poblaciones urbanas. Estos estudios resultaran de gran importancia ya que los parques y las zonas verdes de las ciudades conforman en sí mismas un espacio donde resulta interesante conservar la gran variedad de aves que tenemos, tanto para



disfrute de nosotros mismos como para mantener conservar las poblaciones y la diversidad genética de estas especies.

### **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente quiero agradecer a mi tutor José Ignacio Aguirre de Miguel que me propusiera este trabajo y todo el apoyo que me ha dedicado durante la realización del mismo, que me ha permitido trabajar con el grupo animal con el que más disfruto y al cual tengo intención de dedicarme. También resulta imprescindible destacar el papel que han tenido en este estudio el conjunto de anilladores de las tres estaciones de anillamiento utilizadas en este trabajo, los cuales permiten con su esfuerzo que trabajos como este sean posibles. Finalmente quiero agradecer también el apoyo que he tenido durante todo el curso de los compañeros del máster, que ha sido imprescindible para llevar a cabo este estudio.



## BIBLIOGRAFIA

- Albayrak, T., Mor, F. (2011). Comparative tissue distribution of heavy metals in House Sparrow (*Passer domesticus* Aves) in polluted and reference sites in Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87, 457–462.
- Andrén, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71, 355–66.
- Atiénzar, F., Álvarez, E., Barba, E. (2012). Carbonero común – *Parus major*.  
En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.  
<http://www.vertebradosibericos.org>
- Bókony, V., Seress, G., Nagy, S., Lendvai, A. Z., Liker, A., (2012). Multiple indices of body condition reveal no negative effect of urbanization in adult house sparrows. *Landscape Urban Planning*, 104, 75–84.
- Brown, M. E. (1996). Assessing body condition in birds. *Current Ornithology*, 13, 67-121.
- Evans, K. L., Gaston, K. J., Sharp, S. P., McGowan, A., Hatchwell, B. J. (2009). The effect of urbanisation on avian morphology and latitudinal gradients in body size. *Oikos*, 118, 251–259.
- Edwards, S. V., Harshman, J. (2013). Passeriformes. Perching Birds, Passerine Birds. Version 06 February 2013 (under construction).  
<http://tolweb.org/Passeriformes/15868/2013.02.06> in The Tree of Life Web Project,  
<http://tolweb.org/>
- Fernández-Juricic, E. (2000). Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: the role of age, size, and isolation. *Ecological Research*, 15, 373–383.
- Harvey, P. H., Greenwood, P. J., Perrins, C. M. (1979). Breeding area fidelity of the Great Tit. *Journal of Animal Ecology*, 48, 305- 313.



- Herrera-Dueñas, A., Pineda, J., Antonio, M. T., Aguirre, J. I., (2013). Oxidative stress of House Sparrow as bioindicator of urban pollution. *Ecological Indicators*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.08.014>
- Liker, A., Papp, Z., Bokony, V., Lendvai, A. Z. (2008). Lean birds in the city: Body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *Journal of Animal Ecology*, 77, 789–795.
- MacArthur, R. H. (1965). Pattern of species diversity. *Biological Reviews*, 40, 510-533.
- PINILLA, J. (Coord.). (2000). *Manual para el anillamiento científico de aves*. SEO/BirdLife y DGCNMIMAM. Madrid.
- Rotenberry, J. T., Unfried, T. M. (2002). Avian ecology and conservation in an urbanizing world. *The Auk*, 119(3), 889-892. Retrieved from <http://www.ucm.es/BUCM/checkip.php?/docview/196456958?accountid=14514>
- Schulte-Hostedde, A.I., Zinner, B., Millar, J.S., Hickling, G.J. (2005) Restitution of mass–size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86, 155–163.
- Shochat, E. (2004) Credit or debit? Resource input changes population dynamics of city-slicker birds. *Oikos*, 106, 622–626.
- Shochat, E., Warren, P.S., Faeth, S.H., McIntyre, N.E., Hope, D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 186–191.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights* (ST/ESA/SER.A/352).